

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Šrobárova 2, 041 80 Košice

Štruktúra údajov pre výskumno-vývojovú infraštruktúru národného významu

1. Názov výskumnej infraštruktúry: **Centrum fyziky veľmi nízkych teplôt**
2. Akronym: **CFVNT**
3. Webstránka: **<http://ufv.science.upjs.sk/laboratoria.php>**
4. Základné údaje o výskumnej infraštruktúre:
 - Doba budovania: **1970 - 2016**
 - Typ: **sústredené na jednom mieste**
 - Kontaktná osoba: **prof. RNDr. Alexander Feher, DrSc., alexander.feher@upjs.sk,
prof. RNDr. Peter Samuely, DrSc., peter.samuely@saske.sk,
prof. Ing. Martin Orendáč, CSc., martin.orendac@upjs.sk**
 - Priemerný počet užívateľov za rok – slovenskí vedeckí pracovníci - **30**
 - Priemerný počet užívateľov za rok – zahraniční vedeckí pracovníci z iných štátov EÚ - **20**
 - Priemerný počet užívateľov za rok – zahraniční vedeckí pracovníci mimo členských štátov EÚ - **10**
 - Zoznam projektov z Operačného programu Výskum a vývoj, ktoré prispeli k vytvoreniu, resp. modernizácii výskumnej infraštruktúry:
 1. **Centrum pokročilých fyzikálnych štúdií materiálov v extrémnych podmienkach (EXTREM) / 26220120005 / 486 000,00 EUR**
 2. **Dobudovanie Centra pokročilých fyzikálnych štúdií materiálov v extrémnych podmienkach (EXTREM II) / 26220120047 / 880 000,00 EUR**
 3. **Výskumné centrum progresívnych materiálov a technológií pre súčasné a budúce aplikácie (PROMATECH) / 26220220186 / 2 260 000,00 EUR**
5. Podrobnejšie údaje o oblasti činnosti:
 - **Opis a predmetu činnosti**

Centrum fyziky veľmi nízkych teplôt bolo vytvorené v spolupráci Ústavu experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied v Košiciach a Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach. Centrum obsahuje nasledovné laboratóriá:

Laboratórium kvantového magnetizmu je vybavené unikátnymi zaradeniami umožňujúcimi vytvorenie extrémne nízkych teplôt. Ide o zmiešavací refrigerátor TTL 200 Oxford Instruments operujúcim bez kvapalného dusíka v teplotnom intervale 50 mK - 3 K a v magnetickom poli do 9 T. V aparatúre sú implementované metódy merania tepelnej kapacity, tepelnej vodivosti, magnetokalorického javu, striedavej susceptibility. Minirefrigerátor MINIDIL firmy Air Liquid pracuje v teplotnom intervale 35 mK - 3 K a v magnetickom poli do 7 T. V aparatúre sú implementované metódy merania tepelnej kapacity a striedavej permitivity. Pri príprave vzoriek je možné použiť optický mikroskop s digitálnou kamerou.

Zariadenia a implementované metodiky umožňujú štúdium kvantových javov vo vybraných magnetických systémoch, u ktorých sa očakáva ich využitie v kvantových počítačoch a chladiacich elementoch novej generácie.

Laboratórium EPR spektroskopie disponuje špičkovým EPR spektrometrom Elexsys E500 od firmy Bruker určeným na štúdium magnetických momentov v látkach pomocou aplikovaného magnetického poľa a elektromagnetického mikrovlňového žiarenia. Veľmi kvalitný rezonátor umožňuje aj ožiarenie vzorky vhodným elektromagnetickým žiarením v optickej oblasti cez zabudované optické okienko, napr. pre štúdium fotoaktívnych javov.

Vďaka spektrometru je možné s vysokou citlivosťou skúmať mikrofyzikálne charakteristiky látok s aplikáciami v záznamovej technike, biomedicíne, ale aj chemických technológiách.

Nanotechnologické laboratórium na prípravu nanosúčastok pre elektroniku, senzory a environmentálne aplikácie obsahuje technológie na prípravu nanoštruktúr, ktoré patria do skupiny tzv. top-down metodík používaných v súčasnosti predovšetkým v počítačovom priemysle pri výrobe mikroprocesorov. Laboratórium má možnosť využitia litografie, magnetronového naprašovania, leptania pomocou reaktívnej iontovej plazmy, atómovej silovej mikroskopie. Poskytuje komplexnú inhouse infraštruktúru na prípravu a charakterizáciu tenkých vrstiev, nanočastíc, nanoštruktúr a nanosúčastok pre elektroniku, senzory a environmentálne aplikácie so zameraním pre aplikovanú katalýzu pre vodíkové palivové články.

Laboratórium Physical properties measurement system (PPMS) a Magnetic properties measurement system (MPMS). Laboratórium disponuje dvojicou špičkových zariadení od firmy Quantum Design. Physical properties measurement system (PPMS) dovoľuje skúmanie fyzikálnych vlastností - termodynamických, transportných a magnetických, tuhých látok v rozmedzí teplôt 0.4 K – 400 K a v magnetických poľa do 9 T. Magnetic properties measurement system (MPMS) umožňuje extrémne citlivé štúdium magnetickej odozvy tuhých aj kvapalných látok, v rozmedzí teplôt 1.8 K – 800 K a v magnetických poliach 0 - 5 T. Kombinované použitie oboch zariadení dáva možnosť komplexného štúdia materiálových charakteristík látok použiteľných v senzorickej, chladiarenskej technike ako aj v biomedicíne, energetike, elektrotechnike, nanoelektronike a zelených technológiách.

Laboratórium UHV STM je vybavené komplexným zariadením na prípravu a charakteristiku tenkých vrstiev a nanoštruktúr v ultra-vysokom vákuu a integrovaným skenovacím tunelovým mikroskopom a mikroskopom atómových síl pracujúcim v ultra-vysokom vákuu, pri veľmi nízkych teplotách a vysokých magnetických poliach.

Vybavenie laboratória umožňuje prípravu vybraných nanoskopických systémov v podmienkach ultra - vysokého vákua ($p < 10^{-10}$ mbar) a následné experimentálne štúdium štruktúrnych a magnetických vlastností s extrémnym priestorovým rozlíšením.

Zariadenie je kľúčové pre štúdium nových materiálov a usporiadaní pre spintroniku, nanoelektroniku a potenciálne využitie v kvantových počítačoch.

- **Kľúčové slová charakterizujúce výskumnú oblasť**

kvantový magnetizmus, spinové klastre, geometricky frustrované magnetiká, koordinačné zlúčeniny, magnetoštruktúrne korelácie, nanoskopické systémy, povrchy, katalýza, nanoštruktúry, materiály pre zelené technológie.

- **Zdôvodnenie unikátnosti/strategickej dôležitosti pre Slovenskú republiku**

Centrum fyziky veľmi nízkych teplôt predstavuje na Slovensku jedinú a v Európe ojedinelú skupinu výskumných laboratórií zameraných na štúdium makroskopických kvantových javov, štúdium vlastností tuhých látok v extrémnych experimentálnych podmienkach ako sú nízke teploty, vysoké magnetické polia a tlaky. Integrovaná infraštruktúra Centra sa opiera o unikátne a finančne náročné zariadenia logicky navzájom prepojené tak, aby umožňovali prípravu, charakterizáciu a komplexné štúdium vlastností nanoskopických systémov a progresívnych materiálov atraktívnych v oblasti štúdia fundamentálnych javov a s vysokým aplikačným potenciálom v strategických oblastiach predovšetkým materiálového výskumu a nanotechnológií, v senzorike, vývoji pamäťových a zobrazovacích prvkov novej generácie, nových chladiacich techník, zelených technológií.

- **Priradenie výskumnej infraštruktúry k jednej, alebo viacerým oblastiam špecializácie z pohľadu dostupných vedeckých a výskumných kapacít RIS3 SK:**

1. materiálový výskum a nanotechnológie (primárna oblasť)
2. elektronika a elektrické prístroje (sekundárna oblasť)
3. biotechnológie a biomedicína (sekundárna oblasť)

- **Schopnosť realizovať aktivity, priradené k jednej, alebo viacerým rozvojovým tendenciám špecializácie z pohľadu dostupných VaV kapacít RIS3 SK:**

1. VaI v oblasti nových materiálov, ich komponentov, polymérnych kompozitov a ich využitia v praxi,
2. technológie so zameraním na špeciálne chemické a farmaceutické substancie,
3. vývoj riešení v kontexte adaptácie na zmenu klímy a posilňovania vnútornej bezpečnosti.

6. Údaje o činnosti a o otvorenom a nediskriminačnom (open access) prístupe k jej službám

- **Zoznam a stručný popis výskumných služieb, ktoré môže poskytovať výskumná infraštruktúra:**

Laboratóriá Centra fyziky veľmi nízkych teplôt poskytujú svoju infraštruktúru záujemcom z iných domácich a zahraničných výskumných inštitúcií. Rozhodujúcim kritériom pre pridelenie meracieho času a prístupu k danému zariadeniu je odborná kvalita navrhnutého štúdia. V súčasnom období sú poskytované nasledovné výskumné služby:

- názov výskumnej služby: **Spektroskopia na báze elektrón – spinovej rezonancie**
- popis výskumnej služby:
Elektrón – spinovú rezonanciu je možné v súčasnosti realizovať na širokej škále materiálov obsahujúcich magnetické častice ako sú magnetiká s obmedzenou rozmernosťou, spinové klastre, nanoskopické systémy a vzhľadom k citlivosti spektrometra aj monoatomárne magnetické vrstvy. Vďaka citlivosti spektrometra je možné určiť aj veľmi nízke koncentrácie atómov nesúcich magnetický moment,

vd'aka čomu je spektrometer atraktívny aj pre oblasť chémie, biomedicíny a geológie.

- názov výskumnej služby: **Termodynamická a transportná charakterizácia materiálov**
- popis výskumnej služby:
Použitím zariadení PPMS a MPMS možno uskutočniť komplexnú charakterizáciu materiálových vlastností látok zahrňujúci štúdium tepelnej kapacity, magnetickej susceptability, magnetizácie, tepelnej a elektrickej vodivosti, Hallovho javu, termoelektrických javov tuhých látok použitím malých množstiev vzoriek v teplotnom intervale 0.5 K – 400 K v magnetických poliach do 5 T. Znalosť uvedených veličín má okrem základného výskumu zásadný význam pre možné aplikácie skúmaných materiálov v chladiarenskej technike, v energetike a v záznamovej technike.
- názov výskumnej služby: **Štúdium vlastností látok pri veľmi nízkych teplotách**
- popis výskumnej služby:
Laboratórium kvantového magnetizmu umožňuje prístup na oba rozpúšťacie refrigerátory, ktoré pokrývajú teplotnú oblasť 35 mK – 3 K v magnetických poliach do 9 T s možnosťou zavedených kalorimetrických a transportných meraní, štúdia magnetokalorického javu, striedavej susceptability a permitivity. Je však možná aj implementácia vlastnej metodiky žiadateľa, pokiaľ je pre ňu vhodné rozšírenie teplotnej oblasti do veľmi nízkych teplôt. Uvedený metodický park je vhodný predovšetkým pre štúdium nízkoenergetických stavov kvantových systémov, ktoré môžu nájsť použitie v záznamovej technike a spintronike.
- názov výskumnej služby: **Štúdium povrchov tuhých látok**
- popis výskumnej služby:
Nanotechnologické laboratórium na prípravu nanosúčiastok pre elektroniku, senzory a environmentálne aplikácie sprístupňuje magnetrónovú naprašovaciu aparatúru, rastrovací mikroskop a EDS analyzátor. Naprašovaním je možné vytvorenie tenkých vrstiev na materiáloch s presne definovanou hrúbkou od sub nm po niekoľko sto nm. Rastrovací mikroskop nachádza použitie pri štúdiu morfológie povrchu na mikroskopickej charakterizácii aj slabo vodivých vzoriek. EDS analyzátor umožňuje kvantitatívnu a kvalitatívnu prvkovú analýzu a mapovanie rozloženia prvkov na povrchu.
Zmienené zariadenia hrajú kľúčovú úlohu pri štúdiu povrchových vlastností nanoskopických systémov pre katalýzu, nanoelektroniku ako aj materiálov pre biomedicínske aplikácie.
- názov výskumnej služby: **Príprava a charakterizácia nanoskopických systémov**
- popis výskumnej služby:
Vybavenie laboratória UHV STM ponúka záujemcom prípravu ultra tenkých vrstiev naparováním. Ich zloženie je do určitej miery voliteľné. Následne metódou roentgenovskej fotoemisnej spektroskopie je možné určiť chemické zloženie pripravenej vrstvy. Štruktúra vrstvy je skúmaná pomocou skanovacieho tunelového mikroskopu, ktorý dosahuje atomárne rozlíšenie. Unikátnosť zostavy

tkvie aj v skutočnosti, že experimentálne štúdium sa realizuje do teploty 1 K a súčasne v magnetických poliach do 3 T.

Uvedená kombinácia špičkových technologických zariadení dáva možnosť štúdia aj sub – nanoskopických systémov v extrémnych podmienkach, čo má zásadný význam pre návrh budúcich prvkov nanoelektronických zariadení a kvantových počítačov.

- **Zoznam unikátnych zariadení/funkčných celkov s kúpnu jednotkovou cenou nad 150 tisíc EUR bez DPH, ktoré sú súčasťou výskumnej infraštruktúry:**

Výskumná infraštruktúra Centra fyziky veľmi nízkych teplôt:

- Zariadenie na prípravu tenkých vrstiev pomocou magnetronového naprašovania/AJA international model ORION/rok výroby 2010
- Rastrovací elektrónový mikroskop s elektrónovou litografiou/TESCAN model VEGA/rok výroby 2011
- Atómový silový mikroskop/BRUKER model ICON/rok výroby 2009
- EPR spektrometer Bruker Elexsys II E500, rok výroby 2010, frekvencia 9.4 GHz, magnetické polia 0 – 1 T, teplotný rozsah 2 K – 300 K
- Rozpúšťací $^3\text{He} - ^4\text{He}$ refrigerátor Minidil OD 70, Air Liquid, rok výroby 2005, výkon pri 100 mK 35 μW , teplotný rozsah 35 mK – 3 K, magnetické pole 0 – 7 T
- SQUID magnetometer MPMS XL – 5, Quantum Design, rok výroby 2006, citlivosť 10-8 emu, teplotný rozsah 2 K – 300 K, magnetické polia 0 – 5 T
- ^3He insert pre SQUID magnetometer MPMS XL – 5, Quantum Design, rok výroby 2014, rozšírenie experimentálnych možností SQUID magnetometra do 0.35 K
- SQUID magnetometer MPMS3, Quantum Design, rok výroby 2014, citlivosť 10-8 emu, teplotný rozsah 1.8 K – 300 K, magnetické polia 0 – 7 T